

лесотехнический университет». № 2010126623/22; заяв. 29.06.2010; опубл. 27.03.2011. Бюл. № 9. 3 с.

7. Патент 110377 РФ, МПК D 21 D 1/00. Наборная гарнитура для роспуска волокнистых материалов / С.Н. Вихарев, М.А. Гусев. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2011120588/12; заяв. 20.05.2011; опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32. 2 с.

8. Патент 125203 РФ. Гарнитура дисковых мельниц / С.Н. Вихарев, М.М. Букей. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2012138841/12, заяв. 10.09.2012, опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6. 2 с.

9. Патент 76648 РФ. Гарнитура дисковой мельницы / С.Н. Вихарев, А.В. Кулакова. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2008116181/22, заяв. 24.04.2008, опубл. 27.09.2008. Бюл. № 27. 2 с.

УДК 674.055:621.934(043.3)

А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко
(А.А. Grishkevish, V.N. Garanin, D.L. Bolochk)
(БГТУ, г. Минск, РБ)
E-mail для связи с авторами: dosy@mail.ru

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ
ДЕРЖАТЕЛЯ НОЖА ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА
НА ОПОРЕ СКОЛЬЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**THEORETICAL CALCULATIONS THAT DETERMINE THE STABILITY
OF THE KNIFE HOLDER MILLING TOOL
ON A SUPPORT SLIDING IN THE PROCESS OF OPERATION**

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов спроектирована и изготовлена фреза, у которой есть возможность изменять углы резания и осевой угол одновременно. Это позволит уменьшить мощность на резание, повысить качество обработанной поверхности и увеличить период стойкости инструмента.

In this regard at department of woodworking machines and tools the mill which has an opportunity to change the angles of cutting and an axial corner at the same time is designed and made. It will allow to reduce power by cutting, to increase quality of the processed surface and to increase the period of firmness of the tool.

Резание древесины и древесных материалов с использованием лезвийного инструмента является одним из основных видов обработки при изготовлении мебели, столярных изделий, получении щепы и в других производствах. Механическая обработка древесины и древесных материалов методом фрезерования занимает в этих технологических процессах одно из ведущих мест.

Однако обеспечение качества и производительности оборудования с применением существующих технологий обработки древесины связано с необходимостью использования разнообразного дереворежущего инструмента и больших затрат электроэнергии.

Одним из эффективных направлений решения задачи для различных технологических процессов обработки древесины является придание инструменту возможности изменения углов резания и осевого угла при переходе с одних режимов резания на

другие, что позволит уменьшить энергию на деформацию удаляемого слоя и повысить ресурс работы инструмента.

Конструкция фрезерного рефлекторного (от латинского *reflektō* – «загибаю назад, поворачиваю») инструмента состоит из корпуса и двух подвижных держателей ножа, поэтому возникает необходимость расчёта их устойчивой работы во время разгона (торможения) и во время обработки материала. На основании полученных данных нашего исследования будет сделано заключение о необходимости фиксации подвижных частей фрезы.

Для реализации поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. На основании 3D-модели определить моменты сил инерции, действующие на подвижные элементы во время разгона (торможения) инструмента.
2. Разработать 3D-модель обработки материала фрезерного инструмента с рефлекторными свойствами.
3. Определить силы, возникающие в процессе фрезерования древесины инструментом с рефлекторными свойствами.
4. Произвести расчеты для определения закономерностей поведения инструмента с рефлекторными свойствами в режиме обработки материала.
5. Сделать вывод о возможности использования разработанной 3D-модели фрезерного инструмента в режиме резания материала.

На рисунке 1 представлена конструкция рефлекторного инструмента с изменяемыми угловыми параметрами.

Держатель ножа 3, на котором крепится нож 4, является частью шара и контактирует с корпусом 1, 2 по части сферической поверхности. Ввиду этого он имеет три вращательных степени свободы относительно корпуса фрезы, что обеспечивает широкие возможности по установке ориентации ножа как для целей научных исследований, так и для использования в производстве с целью оптимизации процессов обработки заготовок [1].

На рисунке 2 приведена схема трёх последовательных поворотов держателя ножа (а) и расчётная схема действующих сил во время работы инструмента в режиме разгона/торможения (б).

В программе SolidWorks были получены координаты центра тяжести держателя ножа и моментов инерции. На основании ранее выполненных расчетов предлагается использование углов Эйлера с центром координат в плоскости, находящейся на оси вращения инструмента.

Предлагаемая модель позволяет определить реакцию связи корпуса инструмента с подвижным сектором на условия эксплуатации и изучить особенности взаимодействия адаптивного инструмента с обрабатываемым древесным материалом.

Дальнейшие расчёты будем выполнять с использованием программы Mathcad.

Зададимся следующими параметрами разгона фрезерного инструмента с целью изучения расчетной модели:

- $\omega = 600 \text{ с}^{-1}$ – угловая скорость вращения инструмента;
- $\varepsilon = 20 \text{ с}^{-2}$ – угловое ускорения инструмента в режиме разгона;
- $m = 0,2 \text{ кг}$ – масса подвижной части инструмента;
- $\varphi_0 = \theta_0 = \psi_0 = 0$ – углы в начальном положении.

Расчёты проводились путем измерения углов θ (относительно оси X – угол резания) и ψ (относительно оси Z – угол в плане) в диапазоне 0–9°; представим в таблице 1 расчёты с использованием пакета MathCad (угол $\varphi = 0 = \text{const}$).

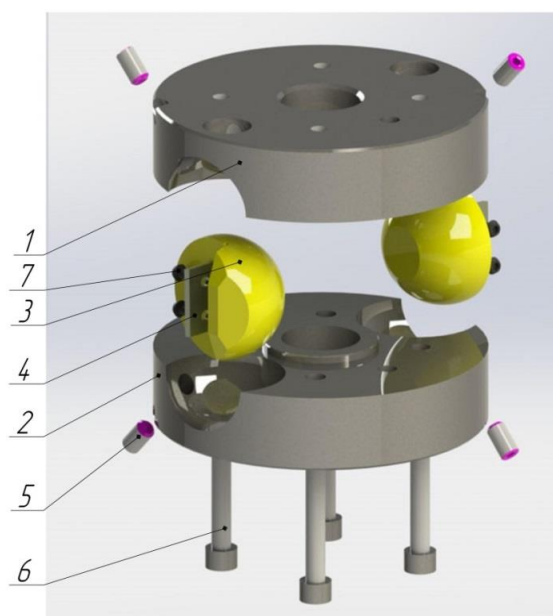


Рис. 1. Общий вид фрезы рефлексорной:
1 – корпус правый; 2 – корпус левый; 3 – держатель ножа; 4 – нож (угол заточки 40°);
5 – винт для фиксации держателя ножа; 6 – винт для фиксации частей корпуса;
7 – винт для крепления ножа

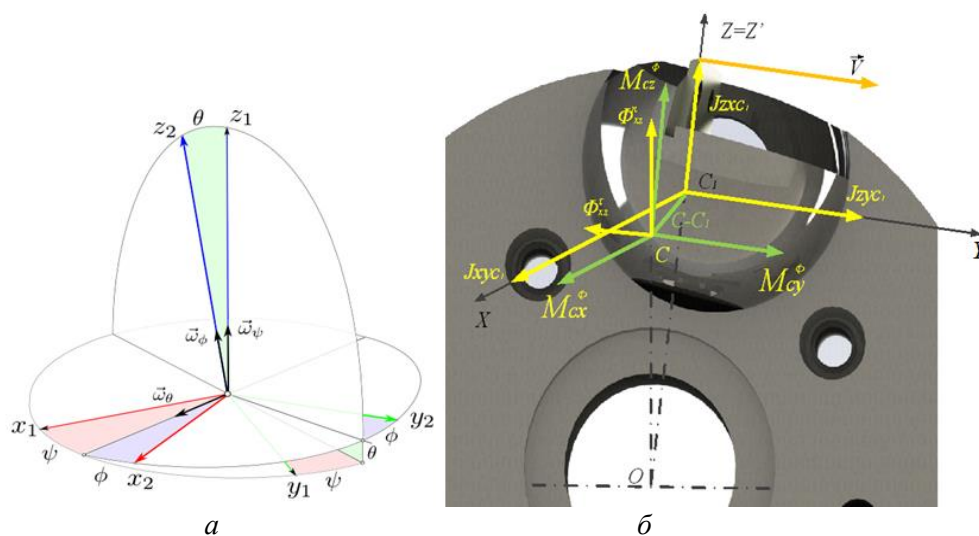


Рис. 2. Схема трёх последовательных поворотов держателя ножа (а);
расчётная схема фрезы в режиме разгона/торможения (б);
 ψ – угол прецессии, θ – угол нутации, ϕ – угол собственного вращения

Таблица 1

Результаты расчёта инструмента во время разгона (торможения)

Φ , град	θ , град	Ψ , град	$ \Phi_c $, Н	$ \Phi_n \cdot 10^3$, Н	$ M_c^\phi $, Н · м
0	0	0	0,187	3,358	580,829
		3	0,187	3,358	580,8
		6	0,187	3,358	580,711
		9	0,187	3,358	580,566

Окончание табл.

φ , град	θ , град	ψ , град	$ \Phi\tau $, Н	$ \Phi n \cdot 103$, Н	$ \text{Мсф} $, Н · м
0	3	0	0,186	3,356	580,829
		3	0,186	3,356	580,8
		6	0,186	3,356	580,711
		9	0,186	3,356	580,566
0	6	0	0,186	3,354	580,829
		3	0,186	3,354	580,8
		6	0,186	3,354	580,711
		9	0,186	3,354	580,566
0	9	0	0,186	3,353	580,829
		3	0,186	3,353	580,8
		6	0,186	3,353	580,711
		9	0,186	3,353	580,566
3	0	0	0,187	3,358	580,8
		3	0,187	3,358	580,711
		6	0,187	3,358	580,566
		9	0,187	3,358	580,364
6	0	0	0,187	3,358	580,711
		3	0,187	3,358	580,566
		6	0,187	3,358	580,364
		9	0,187	3,358	580,108
9	0	0	0,187	3,358	580,566
		3	0,187	3,358	580,364
		6	0,187	3,358	580,108
		9	0,187	3,358	579,108

По результатам расчёта программой Mathcad были построены графики зависимостей моментов инерции от углов и сделаны следующие выводы:

1. Момент силы инерции меняет своё значение при изменении углов в диапазоне от -4 до 4° .

2. Максимальный момент силы инерции достигается при осевым угле 0° и равен $580,829 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Но для более точного анализа работы инструмента необходимо произвести расчёт при его обработке. Для этого была составлена расчётная схема данного условия работы (рис. 3).

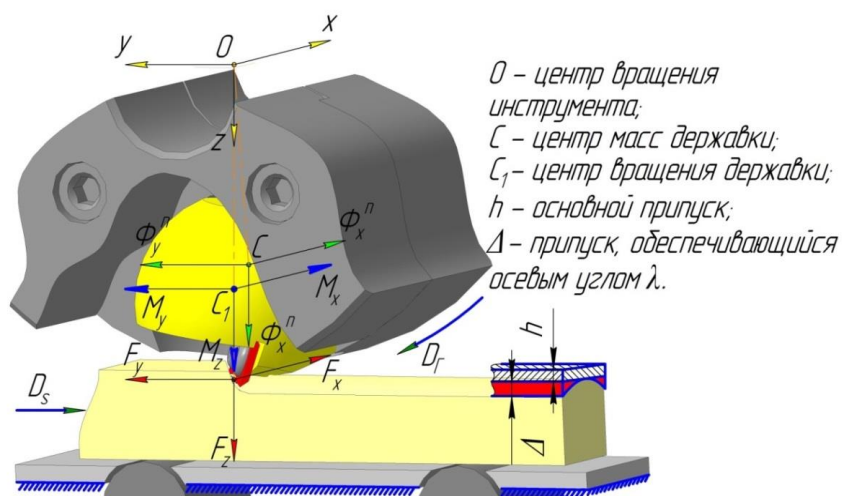


Рис. 3. Расчётная схема фрезы в режиме обработки материала

В программе MathCad произведём расчёт сил и моментов инерции в режиме обработки. При повороте ножа в осевом направлении мы сталкиваемся с тем, что нож врезается в материал не всей длиной режущей кромки, а постепенно на входе в материал и при его выходе.

В связи с этим возникает необходимость определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа из материала.

На рисунке 4 представлена расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа. Результаты расчёта устойчивости держателя ножа представлены в таблице 2.

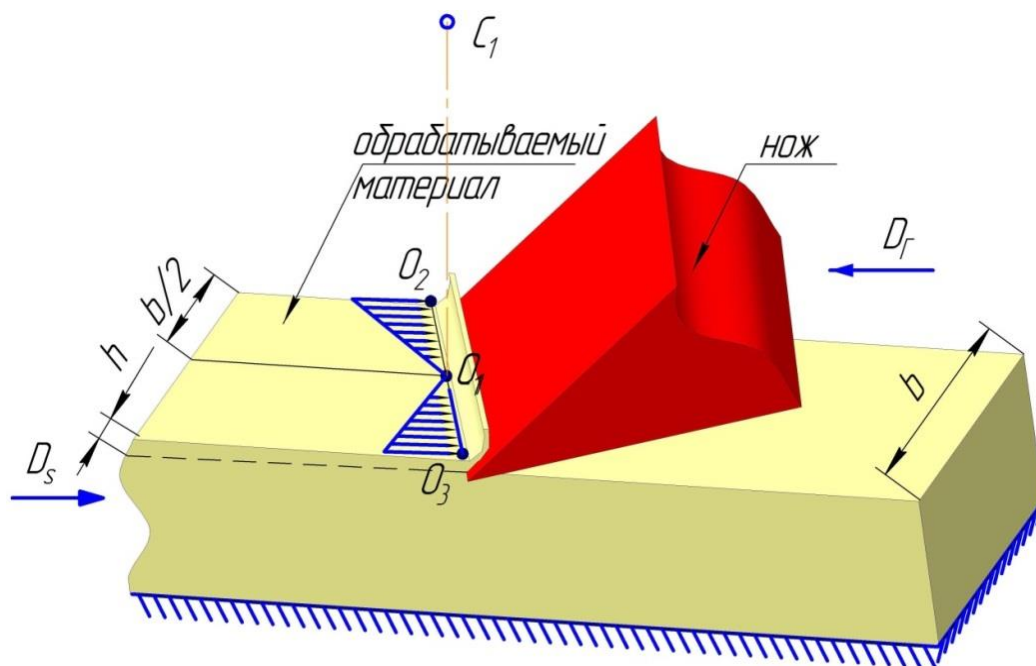


Рис. 4. Расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа в процессе обработки материала

Таблица 2

Результаты расчёта устойчивости держателя ножа

При работе всего ножа в материале				При входе ножа в материал			При выходе ножа из материала		
φ, град	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$
0	-4,75	0	0	-4,75	1,44	2,88	-4,75	-1,44	-2,88
5	-4,75	-0,55	0	-6,017	0,77	3,091	-3,486	-1,87	-3,091
10	-4,75	-1	0	-5,404	0,2	3,097	-4,1	-2,2	-3,097
15	-4,75	-1,35	0	-4,05	-0,27	2,53	-5,454	-2,43	-2,53
20	-4,75	-1,6	0	-3,875	-0,64	2,3	-5,628	-2,56	-2,3
25	-4,75	-1,75	0	-4,86	-0,91	2,97	-4,64	-2,59	-2,97
30	-4,75	-1,8	0	-5,46	-1,08	3,59	-4,04	-2,52	-3,59

Проанализировав полученные значения моментов сил резания от осевого угла, видим, что максимальный момент составляет 6 Н · м при входе ножа в материал.

Выводы

1. Теоретические расчеты модели взаимодействия плоского ножа с обрабатываемым материалом показали работоспособность фрезы с рефлексными свойствами.
2. Сравнивая моменты во время разгона (торможения) инструмента ($580 \text{ Н} \cdot \text{м}$) и во время обработки материала ($6 \text{ Н} \cdot \text{м}$) можно говорить о том, что оценку требуемых условий фиксации подвижных элементов с корпусом инструмента необходимо вести исходя из условия разгона (торможения), так как при этом режиме работы момент сил достигает наибольшего значения.
3. Предлагаемые 3D-модели фрезерования древесных материалов инструментом с прямыми ножами возможно применять в расчётах при конструировании и эксплуатации инструментов.

УДК 539.422.5

А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко
(A.A. Grishkevich, V.N. Garanin, D.L. Bolochko)
(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА
С ПРЯМЫМИ НОЖАМИ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**THE APPLICATION TECHNOLOGY OF THE MILLING TOOL
WITH STRAIGHT KNIVES FOR
THE MANUFACTURE OF CURVED SURFACES**

В настоящей работе представлена новая технология изготовления профильных поверхностей прямыми ножами на примере фрезерования древесины сосны. Цель представленной работы заключается в изучении возможностей использования предложенной технологии с выявлением различных ограничений создания и эксплуатации на примере рассматриваемого типа фрезерного инструмента. Приведены данные по исследованию износостойкости инструмента, где реализована данная технология. Положительные результаты показывают на эффективность использования предлагаемой технологии, позволяющей значительно снизить издержки при формировании профильных поверхностей из древесины.

In this paper, a new technology for manufacturing profile surfaces with straight knives is presented, for example, in milling pine wood. The purpose of the presented work is to study the possibilities of using the proposed technology with the identification of various limitations of creation and operation on the example of the type of milling tool being considered. Data on the study of the wear resistance of the tool are presented, where this technology is implemented. Positive results show the effectiveness of using the proposed technology, which allows to significantly reduce costs when forming the profile surfaces of wood.

Производство изделий с криволинейными поверхностями из древесины и древесных материалов (столярных изделий, корпусной и каркасной мебели и др.) является широко используемой технологией. Изготовление указанных изделий осуществляется с помощью фрезерования. В данной работе рассмотрим получение радиусных профильных поверхностей.